

LAPORAN AKHIR

**PENELITIAN PRIORITAS NASIONAL MASTERPLAN PERCEPATAN DAN
PERLUASAN PEMBANGUNAN EKONOMI INDONESIA
2011 – 2025 (PENPRINAS MP3EI 2011-2025)**

FOKUS/KORIDOR:

KELAPA SAWIT / KORIDOR KALIMANTAN

TOPIK KEGIATAN

**APLIKASI BIOREMEDIASI, MIKORIZA, DAN BIOFERTILISASI UNTUK
MENUNJANG PERTUMBUHAN TANAMAN KELAPA SAWIT PADA LAHAN
PASCA PENAMBANGAN EMAS DI KALIMANTAN TENGAH**

Dr. LISWARA NENENG, M.Si. (Ketua)

Ir. YUSINTHA TANDUH, M.P. (Anggota)

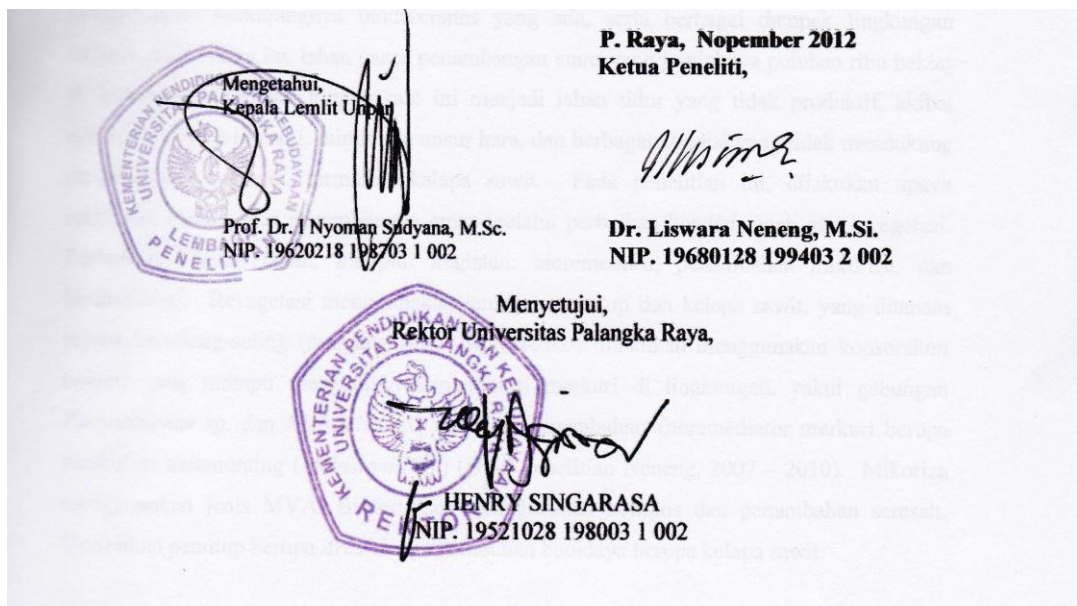


UNIVERSITAS PALANGKA RAYA

November 2012

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Aplikasi Bioremediasi, Mikoriza, dan Bioferti
untuk Menunjang Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sa
pada Lahan Pasca Penambangan Emas di Kalimar
Tengah
2. Fokus Penelitian : Kelapa Sawit
3. Ketua Peneliti :
 - a. Nama lengkap : Dr. Liswara Neneng, M.Si.
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. NIP : 19680128 199403 2 002
 - d. NIDN : 0028016807
 - e. Jabatan Struktural : Ketua Program Studi S2 Pendidikan Biologi
 - f. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - g. Fakultas/Jurusan : FKIP / Pendidikan MIPA
 - h. Pusat Penelitian : Lembaga Penelitian Universitas Palangkaraya
 - i. Alamat : Kampus Unpar Tunjung Nyahu
Jl. H. Timang Kotak Pos 2 PLKUP
Palangka Raya. 73111.
 - j. Telepon/ Fax. : 05363223322/ 05363229087
 - k. Alamat Rumah : Jl. Sapan IIA No. 216, Palangka Raya
 - l. Telepon/ e-mail : 085252763573/liswara.neneng@yahoo.com
4. Jangka Waktu Penelitian : 3 tahun
Usulan tahun ke : 1 (Satu)
5. Jumlah Biaya yang disetujui
Dikti Tahun ke-1 : Rp. 180.000.000,-
6. Kontribusi dari Mitra (*in kind*) : Rp. 50.000.000,-



I. Identitas Kegiatan

- 1a. Topik Kegiatan : Kelapa Sawit
- b. Tema (Koridor) : Pusat Produksi dan Pengolahan Hasil Tambang dan Lumbung Energi Nasional
- 2. Ketua Peneliti :
 - a. Nama Lengkap : Dr. Liswara Neneng, M.Si.
 - b. Bidang Keahlian : Biologi (Mikrobiologi)
- 3. Anggota Peneliti :

| No. | Nama dan Gelar | Keahlian | Institusi | Curahan Waktu (Jam/Minggu) |
|-----|---------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 1. | Ir. Yusintha Tanduh, M.P. | Konservasi Lahan | Jurs. Kehutanan Unpar | 20 |

4. Isue Strategis:

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan yang sedang berkembang pesat di Kalimantan Tengah. Salah satu keterbatasan dalam mengembangkan budidaya kelapa sawit adalah terkait ketersediaan lahan. Hutan yang ada di Kalimantan Tengah, sebaiknya tidak dieksploitasi untuk dijadikan lahan kelapa sawit, karena hal ini akan menyebabkan berkurangnya biodiversitas yang ada, serta berbagai dampak lingkungan lainnya. Sementara itu, lahan pasca penambangan emas yang jumlahnya puluhan ribu hektar di Kalimantan Tengah, hingga saat ini menjadi lahan tidur yang tidak produktif, akibat rusaknya lapisan top soil, minimnya unsur hara, dan berbagai kondisi yang tidak mendukung pertumbuhan tanaman, termasuk kelapa sawit. Pada penelitian ini, dilakukan upaya reklamasi lahan pasca penambangan emas melalui perbaikan kondisi tanah dan revegetasi. Perbaikan kondisi tanah, meliputi kegiatan: bioremediasi, penambahan mikoriza, dan biofertilisasi. Revegetasi menggunakan tanaman penutup dan kelapa sawit, yang ditanam secara berselang-seling (tumpang sari). Bioremediasi dilakukan menggunakan konsorsium bakteri yang mampu mengurangi kontaminasi merkuri di lingkungan, yakni gabungan *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp., dan juga penambahan fitoremediator merkuri berupa tumbuhan karamunting (*Melastoma* sp.) (Hasil penelitian Neneng, 2007 – 2010). Mikoriza menggunakan jenis MVA.

Biofertiliser menggunakan kompos dan penambahan seresah. Tumbuhan penutup berupa *Arachis* sp. Tumbuhan budidaya berupa kelapa sawit.

5. Topik Kegiatan

Aplikasi Bioremediasi, Mikoriza, dan Biofertilisasi untuk Menunjang Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit pada Lahan Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah.

6. Objek Kegiatan (jenis material yang diteliti dan segi kegiatan)

Objek kegiatan ini adalah berupa kegiatan reklamasi tanah atau proses perbaikan kondisi tanah baik dari aspek fisik, kimiawi, dan biologis, dengan menggunakan metode bioremediasi, biofertilisasi, dan penambahan mikoriza.

7. Lokasi Kegiatan

Implementasi kegiatan penelitian tahun pertama dilaksanakan pada skala laboratorium, dengan menggunakan 150 unit sampel tanah yang diambil dari lahan pasca penambangan emas di Hampalit Kalimantan Tengah. Implementasi lanjutan penelitian pada tahun kedua dan ketiga, akan dilaksanakan di lahan pasca penambangan emas yang berlokasi di Hampalit, Kabupaten Katingan, Propinsi Kalimantan Tengah. Areal ini dipilih, karena sudah lebih dari 10 tahun menjadi lahan pasir yang tidak produktif, akibat kegiatan penambangan emas. Lokasi ini juga memiliki areal yang paling luas di antara lokasi tambang emas lainnya yang ada di Kalimantan Tengah, yakni mencapai areal ribuan hektar. Hingga saat ini, lokasi ini masih belum dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian maupun perkebunan yang produktif.

8. Hasil yang ditargetkan

Menemukan metode untuk memperbaiki kondisi tanah berpasir pasca penambangan emas agar dapat menunjang pertumbuhan kelapa sawit, dengan cara: 1) mengurangi toksisitas merkuri pada lahan, menggunakan metode bioremediasi dan fitoremediasi; 2) memperbaiki struktur dan tekstur tanah, melalui penambahan media seresah dan komponen organik dari limbah sawit; 3) meningkatkan unsur hara pada tanah berpasir, dengan cara menambahkan biofertiliser dan mikoriza; 4) meningkatkan vegetasi tumbuhan, melalui aplikasi tanaman penutup dari kelompok *Arachis* sp., serta 5) meningkatkan produktivitas lahan pasir, dengan melakukan ujicoba aplikasi jenis tumbuhan budidaya dari jenis tanaman kelapa sawit.

9. Institusi lain (Mitra) yang terlibat

Mitra yang dilibatkan dalam kegiatan ini adalah Dinas Perkebunan Propinsi Kalimantan Tengah, Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Kalimantan Tengah.

10. Sumber biaya dari mitra: Rp. 50.000.000,-

11. Keterangan lain yang dianggap perlu

Kegiatan penelitian yang akan dilaksanakan ini merupakan lanjutan dari beberapa kegiatan penelitian sebelumnya, antara lain: 1) Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Efektivitas Bioremediasi Merkuri oleh Isolat Bakteri dan Sosialisasi Aplikasinya dalam Bioreaktor Sederhana kepada Penambang Emas di DAS Kahayan Kalimantan Tengah. (Disertasi, Universitas Negeri Malang, 2007); 2) Analisis Peranan Koenzim dan Kofaktor Ion Logam dalam Meningkatkan Aktivitas Bioremediasi Merkuri (Hg) Oleh *Pseudomonas Sp.* Dan *Klebsiella Sp.* Isolat Indigenus Sungai Kahayan Kalimantan Tengah (Hibah Fundamental DIKTI, 2010, Ketua); 3) Eksplorasi Mikroorganisme Rhizosfer Potensial untuk Bioremediasi Lahan Tercemar Merkuri (Hg) pada Areal Penambangan Emas di Kalimantan Tengah (Hibah Penelitian Strategis Nasional, 2009, Ketua); 4) Aplikasi konsorsium mikroorganisme dan Tumbuhan Fitoremediator Merkuri (Hg) untuk Reklamasi Lahan Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah (Hibah Strategis Nasional dana DIKTI, 2010-2011. Ketua).

II. Substansi Kegiatan

ABSTRAK

Lahan berpasir pasca tambang emas di Kalimantan Tengah memiliki luas puluhan ribu hektar. Lahan berpasir ini telah menjadi lahan kritis yang ditandai dengan hilangnya lapisan topsoil tanah, minimnya unsur hara dan vegetasi tanah, sebagian lahan masih terkontaminasi Hg (merkuri) dalam kisaran 2 hingga 4,5 ppm, dan pH tanah rata-rata 5. Kondisi ini sangat tidak menunjang pertumbuhan tanaman, akibatnya lahan berpasir yang rata-rata telah tidak digunakan lagi selama 2 hingga 10 tahun, tetap menjadi lahan berpasir yang sangat minim vegetasi. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) mengurangi kontaminasi merkuri melalui proses bioremediasi menggunakan konsorsium bakteri lokal yang potensial mereduksi merkuri, 2) memperbaiki kondisi struktur dan tekstur tanah melalui perlakuan penambahan media tanah dari bahan organik limbah sawit, 3) meningkatkan unsur hara tanah melalui penambahan biofertiliser dan mikoriza, 4) meningkatkan vegetasi tanah melalui kegiatan revegetasi menggunakan tanaman penutup dari kelompok leguminosae (*Calopogonium* sp.), dan jenis tumbuhan kelapa sawit. Metode penelitian yang digunakan adalah implementasi untuk uji secara eksperimental di laboratorium untuk menentukan metode persiapan lahan yang sesuai untuk kelapa sawit (penelitian tahun I), dan eksperimental di lapangan (penelitian tahun II) dengan menggunakan hasil terbaik yang diseleksi dari tahun I, dan melibatkan penduduk setempat untuk proses persiapan, penanaman, dan pemeliharaan tanaman kelapa sawit. Pada penelitian tahun ke III, dipilih hasil terbaik dari penelitian tahun II, dengan lebih mengoptimalkan peran serta masyarakat. Perlakuan dalam penelitian berupa: bioremediasi, penambahan mikoriza, biofertilisasi, dan revegetasi. Indikator keberhasilan diukur dari: 1) pengurangan polutan merkuri pada tanah, 2) peningkatan unsur hara tanah (makro dan mikro), 3) perbaikan struktur dan tekstur tanah, 4) pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Metode bioremediasi menggunakan konsorsium bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp. (telah diuji sejak tahun 2006), dan tumbuhan fitoremediator merkuri berupa karamunting (*Melastoma* sp.,) yang telah diuji sejak tahun 2009. Biofertiliser menggunakan: limbah sawit dan kompos dari limbah organik. Jenis mikoriza yang digunakan adalah MVA, jenis tanaman penutup berupa *Calopogonium* sp., dan *Arachis* sp., dan tumbuhan bernilai ekonomis yang diuji coba adalah kelapa sawit. Lokasi penelitian dilaksanakan di areal pasca tambang emas di Hampalit, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah. Lokasi ini dipilih karena merupakan lokasi terbesar dengan hamparan lahan tandus berpasir yang paling luas dan representatif untuk lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah. Hasil penelitian ini sangat diharapkan bermanfaat bagi pemerintah dan masyarakat setempat, agar lahan rusak pasca tambang emas di Kalimantan Tengah dapat dipulihkan kembali kondisinya, dan dapat lebih produktif. Hasil penelitian tahun I memperlihatkan perlakuan bioremediasi, biofertilisasi, penambahan mikoriza, penambahan senyawa organik, dan penutup tanah secara terpadu, menghasilkan perbaikan fisik tanah ditinjau dari tekstur, dari sebelumnya didominasi tanah berpasir, menjadi tanah dengan terjadinya peningkatan tekstur halus tanah, dan penurunan persentase tekstur pasir. Perbaikan kondisi fisik tanah, memicu tumbuhnya 1 hingga 5 jenis tanaman lain pada tiap plot perlakuan, hal ini tidak ditemukan pada kontrol. Bibit sawit usia 4,5 bulan, tumbuh subur di media tanah pasir dari ex lahan tambang emas, dengan kondisi jumlah daun rata-rata 5 helai, panjang batang rata-rata 20 cm, diameter batang rata-rata 1,22 cm, panjang akar rata-rata 17 cm. Kondisi ini tidak jauh berbeda dengan kondisi bibit sawit yang ditanam di tanah subur pada usia yang sama, yakni: jumlah daun 5 helai, panjang batang 26,6 cm, dan diameter batang 1,3 cm. Kondisi

pertumbuhan sawit pada tanah pasir yang diberi perlakuan memperlihatkan kenaikan sebesar 40% pada parameter panjang batang, kenaikan jumlah daun sebesar 23%, kenaikan luas permukaan daun sebesar 82%, dibandingkan kontrol. Kesimpulan penelitian: lahan berpasir ex areal penambangan emas, masih punya potensi untuk diolah menjadi lahan produktif untuk lahan perkebunan, terutama dari jenis kelapa sawit. Penelitian tahun II, merupakan uji coba skala lapang, menggunakan formula terbaik hasil seleksi tahun I, dan melibatkan penduduk setempat untuk proses persiapan, penanaman, dan pemeliharaan tanaman kelapa sawit. Aplikasi gabungan formula terbaik di lapangan ini dilakukan menggunakan 3 teknik, yakni: aplikasi formula cair, semi solid, dan solid, dengan jenis tanaman kelapa sawit, dan tanaman penutup kombinasi *Arachis* sp. dan *Colopogonium* sp. Lokasi penelitian tahun ke II di areal pasca tambang emas di Hampalit, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah.

Kata Kunci: Lahan Ex tambang emas, Bioremediasi, Biofertilisasi, Mikoriza, kelapa sawit

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN PENGESAHAN..... | 1 |
| ABSTRAK..... | 5 |
| DAFTAR ISI..... | 6 |
| BAB I. PENDAHULUAN..... | 8 |
| 1.1 Latar Belakang | 8 |
| 1.2 Tujuan Khusus | 9 |
| 1.3 Urgensi Penelitian | 9 |
| BAB II. STUDI PUSTAKA | 10 |
| 2.1 Tanah Berpasir..... | 10 |
| 2.2 Metode Bioremediasi | 10 |
| 2.3 Metode Biofertiliser | 11 |
| 2.4 Aplikasi Mikoriza | 11 |
| 2.5 Metode Revegetasi..... | 14 |
| BAB III. PETA JALAN PENELITIAN..... | 16 |
| 3.1 Penelitian yang akan dilaksanakan..... | 17 |
| 3.2 Rencana arah penelitian selanjutnya..... | 17 |
| BAB IV. HASIL PENELITIAN..... | 18 |
| 4.1 Hasil Penelitian | 20 |
| 4.1.1 Karakteristik Bibit Sawit Milik Dinas Perkebunan Propinsi Kalimantan Tengah di Desa Pundu, Kabupaten Katingang | 20 |
| 4.1.2 Karakteristik Limbah Sawit, Bokashi dan Serasah sebagai Komponen Bahan Organik | 20 |
| 4.1.3 Karakteristik Isolat Mikroorganisme untuk Proses Bioremediasi | 21 |
| 4.1.4 Karakteristik Tanaman Penutup | 21 |
| 4.1.5 Hasil Analisis Kadar Hg sebelum Perlakuan | 22 |
| 4.1.6 Hasil Analisis pH dan Kadar Hg Tanah Setelah perlakuan | 22 |
| 4.1.7 Hasil Analisis Unsur Hara Tanah | 23 |
| 4.1.8 Hasil Pengukuran Tingkat Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit, Usia 4 Minggu Setelah Tanam | 25 |
| a. Jumlah Daun kelapa Sawit | 25 |
| b. Diameter Batang Kelapa Sawit | 25 |
| c. Tinggi Tanaman kelapa Sawit | 26 |
| d. Luas Permukaan Daun Kelapa Sawit | 26 |
| 4.1.9 Pertumbuhan Kelapa Sawit | 27 |
| 4.1.10 Kombinasi Perlakuan Terbaik | 28 |
| 4.2 Pembahasan | 29 |
| 4.2.1 Pengaruh Perlakuan Bioremediasi, Biofertilisasi, dan Mikoriza terhadap Perbaikan Kondisi Lahan Pasca Penambangan Emas | 30 |

| | | |
|----------|--|----|
| 4.2.2 | Kondisi Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit pada Tanah Pasir dari Lahan Penambangan Emas | |
| BAB V. | KESIMPULAN DAN SARAN | 31 |
| 5.1 | Kesimpulan | 31 |
| 5.2 | Saran | 31 |
| LAMPIRAN | | 32 |
| I. | Lampiran data mentah penelitian..... | 33 |
| II. | Lampiran peta lokasi kegiatan pengambilan sampel..... | 45 |
| III. | Lampiran dokumentasi kegiatan penelitian..... | 46 |

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan salah satu jenis palma yang menghasilkan minyak untuk tujuan komersil. Minyak sawit selain digunakan sebagai minyak makanan margarine, dapat juga digunakan untuk industri sabun, lilin, untuk membuat lembaran-lembaran timah, dan untuk industri kosmetik. Perkebunan kelapa sawit yang ada di Kalimantan Tengah mencapai jumlah ribuan hektar, baik yang dikelola oleh perusahaan maupun oleh masyarakat. Sumberdaya perkebunan kelapa sawit yang sangat besar, jika dikelola dengan baik, tentu merupakan potensi Pendapatan Asli Daerah (PAD) yang besar bagi daerah.

Saat ini, ketersediaan lahan menjadi suatu pembatas untuk perluasan pengembangan sawit di Kalimantan Tengah. Pembukaan hutan untuk lahan kelapa sawit dapat menyebabkan berkurangnya biodiversitas yang ada, serta berbagai dampak lingkungan lainnya. Sementara itu, lahan pasca penambangan emas yang luasnya puluhan ribu hektar di Kalimantan Tengah, hingga saat ini menjadi lahan tidur yang tidak produktif, karena hilangnya lapisan topsoil tanah, minimnya unsur hara dan vegetasi tanah, sebagian lahan masih terkontaminasi Hg (merkuri) dalam kisaran 2 hingga 4,5 ppm, dan pH tanah rata-rata 5. Areal seperti ini, tersebar di hampir semua kabupaten dari 13 kabupaten dan 1 kota yang ada di propinsi Kalimantan Tengah.

Melalui kegiatan penelitian ini, dilakukan upaya perbaikan kondisi tanah dan revegetasi, dengan melibatkan penduduk di sekitar lokasi kegiatan. Perbaikan kondisi tanah, meliputi kegiatan: bioremediasi, penambahan mikoriza, dan biofertilisasi. Revegetasi menggunakan tanaman penutup dan kelapa sawit. Bioremediasi menggunakan konsorsium bakteri yang mampu mengurangi kontaminasi merkuri di lingkungan, yakni gabungan *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp., dan juga penambahan fitoremediator merkuri berupa tumbuhan karamunting (*Melastoma* sp.) (Hasil penelitian Neneng, 2007 – 2010). Mikoriza menggunakan jenis MVA. Biofertiliser menggunakan kompos dan penambahan seresah. Tumbuhan penutup berupa *Calopogonium* sp. dan *Arachis* sp. Tumbuhan budidaya berupa kelapa sawit.

1.2 Tujuan Khusus

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menemukan metode persiapan dan perbaikan kondisi lahan berpasir yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

Tujuan khusus kegiatan perbaikan kondisi tanah berpasir pasca penambangan emas, adalah untuk:

- 1) mengurangi polutan merkuri pada tanah, melalui proses bioremediasi menggunakan konsorsium bakteri lokal yang potensial mereduksi merkuri,
- 2) memperbaiki kondisi stuktur dan tekstur tanah melalui perlakuan penambahan media tanah dari seresah dan bahan organik limbah sawit,
- 3) meningkatkan unsur hara tanah melalui penambahan biofertiliser dan mikoriza,
- 4) meningkatkan vegetasi tanah melalui kegiatan revegetasi menggunakan tanaman penutup dari kelompok leguminosae (*Calopogonium* sp.) dan *Arachis* sp., serta jenis tumbuhan kelapa sawit.

1.3 Urgensi Penelitian

Areal lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah mencapai luas ribuan hektar. Areal ini sudah banyak yang menjadi lahan tidur, antara 2 hingga 10 tahun setelah digunakan untuk kegiatan penambangan emas. Hingga saat ini kondisi lahan masih didominasi oleh tanah berpasir, sirkon, minim unsur hara, pH rendah, dan minim vegetasi. Pemulihan kondisi lahan ke bentuk sebelumnya, maupun peningkatan produktivitas lahan, sangat membutuhkan penanganan khusus dan juga waktu yang cukup. Pemulihan dan perbaikan kondisi lahan berpasir pasca penambangan emas ini masih sangat dibutuhkan dalam rangka mengurangi kemungkinan sebaran polutan merkuri dari lahan pasca tambang emas, dan meningkatkan produktivitas lahan. Jika lahan berpasir ini sudah lebih produktif, diharapkan dapat memberi dampak peningkatan ekonomi bagi penduduk setempat. Upaya perbaikan kondisi lahan berpasir dalam kegiatan penelitian ini dilakukan dengan memadukan beberapa metode, yang meliputi: 1) pengurangan polutan toksik pada lahan pasca penambangan emas menggunakan metode bioremediasi, 2) memperbaiki struktur dan tekstur tanah, yang dilakukan dengan cara penambahan media tanah, 3) meningkatkan unsur hara tanah, dilakukan dengan metode biofertilisasi dan penambahan mikoriza, 4) meningkatkan biota tanah, dilakukan dengan revegetasi menggunakan tanaman penutup dan tanaman budidaya. Kegiatan penelitian yang dilaksanakan ini, diharapkan potensial untuk memperbaiki kondisi tanah pada lahan berpasir pasca penambangan emas di wilayah Kalimantan Tengah.

BAB II. STUDI PUSTAKA

2.1 Tanah berpasir

Tanah-tanah yang termasuk kedalam kategori ini biasanya diklasifikasikan sebagai Psammets atau Spodosol (Soil Survei Staff, 1999) atau Regosol atau Pozols (FAO, 1999). Karakteristik utama tanah ini adalah adanya horison pasir dengan fragmen/pecahan batu atau kerikil di semua sub-horison. Pada kondisi alaminya, area berpasir dapat ditandai dengan vegetasi (biasanya rumput atau hutan kerangas). Tanah berpasir seringkali dijumpai pada terasering aluvial yang berbukit, pinggir pantai dan lapisan sedimen batu. Tanah berpasir dipengaruhi oleh banyak faktor keterbatasan fisika dan kimia tanah :

- Miskin penutup vegetatif sehingga suhu tanah menjadi naik (tanaman muda dapat menjadi kering dengan mudah);
- Mengandung sedikit liat sehingga strukturnya tidak bagus, KTK rendah, dan defisiensi hara makro dan mikro,
- Kelebihan drainase, sehingga menyebabkan defisit air selama kekeringan.

2.2 Metode Bioremediasi

Bioremediasi merkuri menggunakan bakteri sangat potensial, karena bakteri berperan utama dalam siklus global merkuri di lingkungan alami (Nascimento & Souza, 2003). Bakteri menggunakan mekanisme intrasel untuk proses detoksifikasi merkuri, dengan cara mereduksi Hg^{2+} menjadi Hg^0 yang tidak toksik, oleh sekelompok enzim merkuri reduktase yang tergabung dalam operon *mer*. Hg^0 yang terbentuk kemudian berdifusi keluar dari dalam sel (Wagner-Döbler, 2003). Bioremediasi banyak menggunakan bakteri indigenus, meskipun ada juga yang menggunakan strain bakteri atau fungi dari luar (Mellor *et al.*, 1996). Hal ini dilakukan karena bakteri indigenus memiliki daya adaptasi yang lebih tinggi pada lingkungannya. Hasil penelitian Atlas dalam De (2004), memperlihatkan bahwa penggunaan bakteri indigenus meningkatkan keberhasilan bioremediasi hidrokarbon.

Genus mikroorganisme yang telah dilaporkan hingga saat ini, kebanyakan resisten merkuri hingga ≤ 10 ppm (Baldi *et al.*, Robinson & Tuovinen, dan Osborn *et al.* dalam De, 2004). Biofilm *Pseudomonas putida* Spi3 yang diisolasi dari sedimen sungai Spittelwasser, Jerman, mampu mereduksi merkuri pada konsentrasi 7-9 ppm (Canstein *et al.*, 1999). Sebanyak 7 strain *Pseudomonas* sp. yang digunakan untuk mereduksi merkuri limbah pabrik

kloralkali pada skala industri di Jerman, mampu mereduksi merkuri pada konsentrasi maksimal 10 ppm (Wagner-Döbler *et al.*, 2000).

Keberhasilan bioremediasi sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, yang meliputi ketersediaan oksigen, kelembaban, pH, temperatur, bahan organik, waktu kontak, dan komposisi mikrobial (Anas, 1997; Suhendrayana, 2001; Vidali, 2001). Pengetahuan tentang kondisi lingkungan yang optimal sangat dibutuhkan untuk keberhasilan bioremediasi, terlebih jika isolat bakteri indigenus yang digunakan berbeda dari sebelumnya.

2.3 Metode Biofertilisasi

Biofertilisasi merupakan salah satu bentuk upaya untuk memperbaiki kondisi lahan dengan menggunakan makhluk hidup atau komponen makhluk hidup. Upaya mengatasi minimnya unsur hara dan populasi mikrobial tanah, dapat dilakukan dengan cara menambahkan nutrisi ke dalam tanah atau dikenal dengan istilah pemupukan. Jenis pupuk yang baik diharapkan bermanfaat meningkatkan unsur hara tanah, aman bagi lingkungan, mudah diperoleh, dan ekonomis dari segi harga. Salah satu sumber pupuk hayati potensial yang masih perlu digali potensinya adalah pemanfaatan limbah produksi kelapa sawit yang berlimpah, terutama di wilayah Kalimantan Tengah.

2.4 Aplikasi Mikoriza

Mikoriza berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata, yaitu *mycos* yang berarti jamur dan *rhiza* yang berarti akar. Jamur mikoriza pertama kali ditemukan oleh Frank, seorang ilmuwan dari Eropa pada tahun 1885 dan diartikan sebagai *root fungus* (jamur akar) karena kemampuannya mengambil unsur hara seperti layaknya fungsi akar tanaman. Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) merupakan asosiasi antara cendawan tertentu dengan akar tanaman dengan membentuk jalinan interaksi yang kompleks. Mikoriza dikenal dengan jamur tanah karena habitatnya berada di dalam tanah dan berada di area perakaran tanaman (*rizosfer*). Selain disebut sebagai jamur tanah juga biasa dikatakan sebagai jamur akar. Keistimewaan dari jamur ini adalah kemampuannya dalam membantu tanaman untuk menyerap unsur hara terutama unsur hara Pospat (P). Mikoriza merupakan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualistik antar cendawan dengan akar tanaman. Baik cendawan maupun tanaman sama-sama memperoleh keuntungan dari asosiasi ini. Infeksi ini antara lain berupa pengambilan unsur hara dan adaptasi tanaman yang lebih baik. Di lain pihak, cendawan pun dapat memenuhi keperluan hidupnya (karbohidrat dan keperluan tumbuh lainnya) dari tanaman inang.

Berdasarkan struktur dan cara cendawan menginfeksi akar, mikoriza dapat dikelompokkan ke dalam tiga tipe :

1. **Ektomikoriza**, merupakan jamur yang pendek, bercabang dua, dan terkadang seperti tandan yang rapat. Ektomikoriza mempunyai sifat antara lain akar yang kena infeksi membesar, bercabang, rambut-rambut akar tidak ada, hifa menjorok ke luar dan berfungsi sebagai alat yang efektif dalam menyerap unsur hara dan air, hifa tidak masuk ke dalam sel tetapi hanya berkembang diantara dinding-dinding sel jaringan korteks membentuk struktur seperti pada jaringan Hartiq.
2. **Ektendomikoriza**, merupakan bentuk antara (*intermediet*) kedua mikoriza yang lain. Ciri-cirinya antarlain adanya selubung akar yang tipis berupa jaringan Hartiq, hifa dapat menginfeksi dinding sel korteks dan juga sel-sel korteknya.
3. **Endomikoriza**, Jamur ini tidak membentuk selubung yang padat, namun membentuk meselium yang tersusun longgar pada permukaan akar. Jamur juga membentuk vesikula dan arbuskular yang besar di dalam sel korteks. Menurut Siti dalam Wikipedia, 2011, Vesikular merupakan suatu struktur berbentuk lonjongatau bulat yang mengandung cairan lemak dan berfungsi sebagai organ penyimpanan makanan atau berkembang menjadi kladospore yang berfungsi sebagai organ reproduksi dan struktur tahan. Sedangkan yang dimaksud dengan Arbuskular adalah struktur hifa yang bercabang-cabang seperti pohon kecil yang mirip haustorium (membentuk pola dikotom) berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara tanaman inang dengan jamur. Endomikoriza tidak membentuk mantel yang menyelimuti akar, karena jamur ini berada di dalam korteks akar. Tipe jamur ini, adalah dengan adanya arbuskula yang berada di dalam korteks akar. Arbuskula ini digunakan untuk menyerap nutrisi yang berada di area perakaran.

Akar yang bermikoriza juga diketahui dapat menjalankan fungsinya lebih baik dalam penyerapan hara tanah dibandingkan dengan yang tak bermikoriza dan lebih sedikit kemungkinan terserang oleh patogen tertentu. Jadi simbiose mikoriza adalah bentuk yang berguna bagi ketahanan tanaman terhadap serangan patogen dan membantu tanaman untuk meningkatkan penyerapan unsur hara. Hampir semua tanaman yang berguna bagi manusia bersimbiose dengan jamur mikoriza dimana akarnya terinfeksi cendawan mikoriza. Sebagian besar tanaman tahunan tidak dapat bertahan hidup lama secara dinamis bila tidak bersimbiose dengan jamur mikoriza karena dalam hal ini peranan mikoriza sebagai kontrol biologi dalam ekosistem terrestrial (Ridiah, 2010).

Manfaat Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA)

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh tanaman inang dari adanya asosiasi mikoriza adalah sebagai berikut (Rahayu dan Akbar, 2003) :

- **Meningkatkan Penyerapan Unsur Hara**

Tanaman yang bermikoriza biasanya tumbuh lebih baik dari pada yang tidak bermikoriza, dapat meningkatkan penyerapan unsur hara makro dan beberapa unsur hara mikro. Selain itu akar tanaman yang bermikoriza dapat menyerap unsur hara dalam bentuk terikat dan tidak tersedia untuk tanaman (Serrano, 1985 dalam Suhardi, 1992 dalam Rahayu dan Akbar, 2003). De la Cruz (1981) dalam Atmaja (2001) dalam Rahayu dan Akbar, 2003 melaporkan lebih banyak lagi unsur hara yang serapannya meningkat dari adanya mikoriza. Unsur hara yang meningkat penyerapannya adalah N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn dan Zn. Hubungan antara MVA dengan organisme tanah tidak bias diabaikan, karena secara bersama-sama keduanya membantu pertumbuhan tanaman.

- **Tahan Terhadap Serangan Patogen**

Mikoriza dapat berfungsi sebagai pelindung biologi bagi terjadinya infeksi patogen akar. Mekanisme perlindungan ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Adanya lapisan hifa (mantel) dapat berfungsi sebagai pelindung fisik untuk masuknya patogen
2. Mikoriza menggunakan hampir semua kelebihan karbohidrat dan eksudat akar lainnya, sehingga tidak cocok bagi patogen.
3. Fungi mikoriza dapat melepaskan antibiotik yang dapat menghambat perkembangan patogen.

Menurut Ridiah, 2010, terbungkusnya permukaan akar oleh mikoriza menyebabkan akar terhindar dari serangan hama dan penyakit. Infeksi patogen akar terhambat. Mikoriza menggunakan semua kelebihan karbohidrat dan eksudat akar lainnya, sehingga tercipta lingkungan yang tidak cocok bagi patogen. Dilain pihak, cendawan mikoriza ada yang dapat melepaskan antibiotik yang dapat mematikan patogen.

Memperbaiki Struktur Tanah dan Tidak Mencemari Lingkungan

Fungi mikoriza yang berasosiasi dengan akar berperan dalam konservasi tanah, hifa tersebut sebagai kontributor untuk menstabilkan pembentukan struktur agregat tanah dengan cara mengikat agregat-agregat tanah dan bahan organik tanah. Mikoriza dapat meningkatkan struktur tanah dengan menyelimuti butir-butir tanah. Stabilitas agregat meningkat dengan

adanya gel polysakarida yang dihasilkan cendawan pembentuk mikoriza., karena bukan merupakan bahan kimia pupuk ini tidak mencemari lingkungan.

- **Mikoriza dapat Memproduksi Hormon dan Zat Pengatur Tumbuh**

Fungi mikoriza dapat memberikan hormon seperti auxin, sitokinin, giberellin, juga zat pengatur tumbuh seperti vitamin kepada inangnya.

2.5 Metode Revegetasi

Aplikasi tanaman penutup

Tanaman penutup tanah adalah tumbuhan atau tanaman yang khusus ditanam untuk melindungi tanah dari ancaman kerusakan oleh erosi dan / atau untuk memperbaiki sifat kimia dan sifat fisik tanah.

Tanaman penutup tanah berperan: (1) menahan atau mengurangi daya perusak butir-butir hujan yang jatuh dan aliran air di atas permukaan tanah, (2) menambah bahan organik tanah melalui batang, ranting dan daun mati yang jatuh, dan (3) melakukan transpirasi, yang mengurangi kandungan air tanah. Peranan tanaman penutup tanah tersebut menyebabkan berkurangnya kekuatan dispersi air hujan, mengurangi jumlah serta kecepatan aliran permukaan dan memperbesar infiltrasi air ke dalam tanah, sehingga mengurangi erosi.

Tumbuhan atau tanaman yang sesuai untuk digunakan sebagai penutup tanah dan digunakan dalam sistem pergiliran tanaman harus memenuhi syarat-syarat (Osche et al, 1961): (a) mudah diperbanyak, sebaiknya dengan biji, (b) mempunyai sistem perakaran yang tidak menimbulkan kompetisi berat bagi tanaman pokok, tetapi mempunyai sifat pengikat tanah yang baik dan tidak mensyaratkan tingkat kesuburan tanah yang tinggi, (c) tumbuh cepat dan banyak menghasilkan daun, (d) toleransi terhadap pemangkasan, (e) resisten terhadap gulma, penyakit dan kekeringan, (f) mampu menekan pertumbuhan gulma, (g) mudah diberantas jika tanah akan digunakan untuk penanaman tanaman semusim atau tanaman pokok lainnya, (h) sesuai dengan kegunaan untuk reklamasi tanah, dan (i) tidak mempunyai sifat-sifat yang tidak menyenangkan seperti duri dan sulur-sulur yang membelit.

Pertumbuhan Kelapa sawit

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Kelapa Sawit

Menurut Paramanathan (2011) Kelapa sawit membutuhkan panjang hari >5-7 jam/hari setiap bulan. Setelah hujan, radiasi matahari merupakan faktor iklim kedua yang penting. Penelitian menunjukkan hubungan antara radiasi matahari dan hasil produksi antara lain:

- Radiasi matahari berpengaruh terhadap pertumbuhan, asimilasi bersih, dan pembentukan bunga betina (Hartley, 1988),
- Hasil produksi lebih dari 28 bulan berkorelasi dengan radiasi matahari pada periode 12 bulan sebelumnya (Hartley, 1988),
- Jumlah ekstraksi minyak meningkat 18-20 bulan setelah periode panjang hari yang tinggi (Chow and Chang, 1998),
- Tandan buah, mesokarp, rasio buah, dan jumlah ekstraksi minyak menurun setelah periode panjang hari yang tinggi (Prabowo dan Foster, 1998),
- Pembakaran hutan menurunkan radiasi matahari di Sumatera Utara tahun 1997-1998 dan menyebabkan penurunan hasil 1.3-4.6 ton tandan buah segar (TBS) per tahun.
- Kelapa sawit cocok ditanam di daerah tropis ($\leq 38^{\circ}\text{C}$, optimum $22-32^{\circ}\text{C}$) dan sangat sensitif di temperatur rendah. Temperatur rendah menyebabkan stomata tertutup dan mengurangi fotosintesis. Henry (1957) menyebutkan pertumbuhan rata-rata tanaman fase bibit $\leq 15^{\circ}\text{C}$, namun dapat meningkat menjadi $17-25^{\circ}\text{C}$ setelah 3-5 tahun dan temperatur $< 18^{\circ}\text{C}$ untuk pematangan buah. Produksi meningkat dengan rata-rata temperatur $< 27^{\circ}\text{C}$ di Vanuatu dan menurun pada $< 18-19^{\circ}\text{C}$ di Madagaskar untuk 4-5 bulan dalam satu tahun (Olivin, 1986).
- Kelapa sawit memiliki perakaran yang relatif dangkal, dan perakaran yang aktif menyerap unsur hara dapat terlihat 30 cm di kedalaman tanah (Gray, 1969). Dibandingkan dengan tanaman semusim dan kebanyakan tanaman dikotil, sistem perakaran kelapa sawit tergolong buruk dan tidak efisien (Tinker, 1976). Padahal kebutuhan kelapa sawit akan unsur hara justru sangat besar (Goh dan Hardter, volume ini) dan sangat sulit untuk memperoleh hasil panen yang 'ekonomis' tanpa adanya pupuk tambahan. Kebutuhan unsur hara bergantung kepada jumlah total penyerapan hara yang diperlukan untuk mencapai target produksi, kapasitas hara yang sudah tersedia didalam tanah, dan efisiensi hara tambahan (dalam meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman).

Karakteristik sifat fisik dan kimia tanah yang secara bersama-sama menentukan produksi tandan kelapa sawit adalah C/N, P tersedia, Na tukar, bulk density, dan total ruang pori (Tambunan, 2008).

BAB III. PETA JALAN PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini diawali dari penelitian dalam rangka menyusun disertasi tahun 2007, yang berjudul: Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Efektivitas Bioremediasi Merkuri oleh Isolat Bakteri dan Sosialisasi Aplikasinya dalam Bioreaktor Sederhana kepada Penambang Emas di DAS Kahayan Kalimantan Tengah. Hasil penelitian tersebut menemukan konsorsium isolat *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp., yang potensial untuk mengurangi tingkat pencemaran merkuri (Hg) di media cair. Kemampuan kedua isolat ini berkisar antara 15 - 25 ppm.

Mikroorganisme yang potensial untuk bioremediasi merkuri juga digali melalui kegiatan penelitian yang berjudul: Eksplorasi Mikroorganisme Rhizosfer Potensial untuk Bioremediasi Lahan Tercemar Merkuri (Hg) pada Areal Penambangan Emas di Kalimantan Tengah (Hibah Penelitian Strategis Nasional, Sumber Dana DIPA Universitas Palangkaraya, 2009, Ketua). Hasil yang diperoleh berupa adanya beberapa jenis bakteri rhizosfer yang mampu tumbuh dan mengurangi tingkat pencemaran merkuri. Selain mikroorganisme, jenis tumbuhan yang potensial untuk fitoremediasi merkuri juga telah ditemukan sebanyak 21 Jenis, dari 8 lokasi areal pasca penambangan emas di 3 Kabupaten di Kalimantan Tengah. Tumbuh-tumbuhan yang ditemukan sebanyak 52,38% dari jenis rumput, 23,81% dari jenis perdu, 14,29% dari jenis pohon, dan 9,52% dari jenis paku-pakuan. Jenis tumbuhan yang memiliki kemampuan paling tinggi untuk mengakumulasi merkuri adalah dari jenis rumput sampahiring (*Cyperus* sp.), yakni sebesar 5,14 ppm.

Sosialisasi dan Implementasi Cara Eliminasi Merkuri (Hg) dari Lingkungan Menggunakan Metode Bioremediasi dalam Bioreaktor Sederhana Kepada Penambang Emas di Kabupaten Gunung Mas Kalimantan Tengah (Penelitian Program Penerapan Ipteks, didanai DP2M DIKTI, 2009, sebagai Ketua). Analisis Peranan Koenzim dan Kofaktor Ion Logam dalam Meningkatkan Aktivitas Bioremediasi Merkuri (Hg) oleh *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp. Isolat Indigenus Sungai Kahayan Kalimantan Tengah (Hibah Fundamental, Dana DIKTI 2010, Ketua). Aplikasi konsorsium bakteri dan tumbuhan fitoremediator merkuri (Hg) untuk reklamasi lahan pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah (Hibah Stranas Dikti, 2010-2011, Peneliti sebagai Ketua).

3.1 Penelitian yang akan dilaksanakan

Pada penelitian ini, bentuk upaya perbaikan kondisi tanah berpasir pasca penambangan emas dilakukan dengan cara: 1) mengurangi toksisitas merkuri pada lahan, menggunakan metode bioremediasi dan fitoremediasi; 2) memperbaiki struktur dan tekstur tanah, melalui penambahan media seresah dan komponen organik dari limbah sawit; 3) meningkatkan unsur hara pada tanah berpasir, dengan cara menambahkan biofertiliser dan mikoriza; 4) meningkatkan vegetasi tumbuhan, melalui aplikasi tanaman penutup dari kelompok leguminosae (*Colopogonium* sp.) dan *Arachis* sp., serta 5) meningkatkan produktivitas lahan pasir, dengan melakukan ujicoba aplikasi jenis tumbuhan budidaya dari jenis tanaman kelapa sawit. Pemilihan tanaman kelapa sawit ini dilakukan berdasarkan beberapa pertimbangan, antara lain: 1) berdasarkan beberapa hasil penelitian diketahui bahwa ada potensi keberhasilan menumbuhkan kelapa sawit pada tanah berpasir, jika diberi perlakuan pengayaan dan pembenahan kondisi tanah sebelumnya; 2) tanaman kelapa sawit relatif mampu bertahan pada intensitas cahaya dan suhu yang cukup tinggi, seperti yang terdapa pada lahan berpasir pasca tambang emas; 3) prospek kelapa sawit dari aspek ekonomi cukup tinggi.

3.2 Rencana arah penelitian selanjutnya

Hasil-hasil penelitian yang dicapai akan terus dianalisis dan dievaluasi tingkat keberhasilan dan kegagalannya, serta akan terus dikembangkan hingga betul-betul teruji mampu mencapai kondisi yang diharapkan. Penelitian selanjutnya tetap difokuskan pada perbaikan kondisi lahan kritis pasca tambang, dengan menggunakan berbagai metode secara terpadu. Kerjasama dengan berbagai pihak juga akan terus dilanjutkan untuk mendukung upaya penelitian ke arah reklamasi ini.

BAB IV. HASIL PENELITIAN

1. Karakteristik Bibit Sawit Milik Dinas Perkebunan Propinsi Kalimantan Tengah, Di Desa Pundu, Kabupaten Katingan

Jumlah bibit sawit yang diambil sebanyak 150 bibit, dengan umur bibit saat pengambilan 1,5 bulan, jenis bibit sawit yang digunakan. Kondisi pertumbuhan awal bibit: rata-rata panjang batang 14,92 cm rata-rata jumlah daun ada 2 helai, rata-rata luas permukaan daun 16 cm², diameter batang 0,3 cm, sebagaimana tampak pada gambar di bawah ini.



Gambar 1 Bibit Sawit dari Lokasi Pembibitan Milik Dinas Perkebunan Provinsi Tk. I Kalimantan Tengah di Desa Pundu, Kabupaten Katingan.

2. Karakteristik Limbah Sawit, Bokashi dan Serasah yang Sebagai Komponen Biofertiliser

Jenis limbah sawit yang digunakan berupa limbah serat sawit yang telah dibuat perlakuan dengan limbar cair sawit, serat sawit, dan limbah tandan kosong kelapa sawit, yang diambil dari PKS Windu Nabatindo, Di Kabupaten Katingan. Pengolahan limbah sawit, tampak pada Gambar 2A. Bahan baku bokashi terbuat dari campuran limbah organik tumbuhan apu-apu dan limbah kotoran hewan (Gambar 2.B), serta serasah (Gambar 2 C), yang diambil dari limbah tumbuhan *Colopogonium* sp., sebagai mana tampak berikut ini.



Gambar 2 Bahan Biofertilizer dari Limbah Sawit (A), Bokashi (B), dan Serasah (C)

3. Karakteristik Isolat Mikroorganisme Untuk Proses Bioremediasi

Isolat mikroorganisme yang digunakan untuk proses bioremediasi, berasal dari hasil isolasi dan seleksi dari areal penambangan emas di Sungai Kahayan, Kalimantan Tengah. Potensi isolat ini telah diketahui mampu menurunkan kadar pencemaran merkuri baik pada media cair maupun pada tanah. Isolat ini merupakan konsorsium bakteri, yang terdiri dari kelompok bakteri Gram negatif *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp., sebagaimana tampak pada Gambar 3.



Gambar 3. Konsorsium Isolat Mikroorganisme untuk Bioremediasi

4. Karakteristik Tanaman Penutup

Jenis tanaman penutup yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jenis *Arachis* sp. Pemilihan jenis tanaman ini berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, karena mampu meningkatkan kelembaban tanah berpasir, sistem perakarannya ekstensif, dan mudah beradaptasi di lingkungan tanah berpasir (Gambar 4).

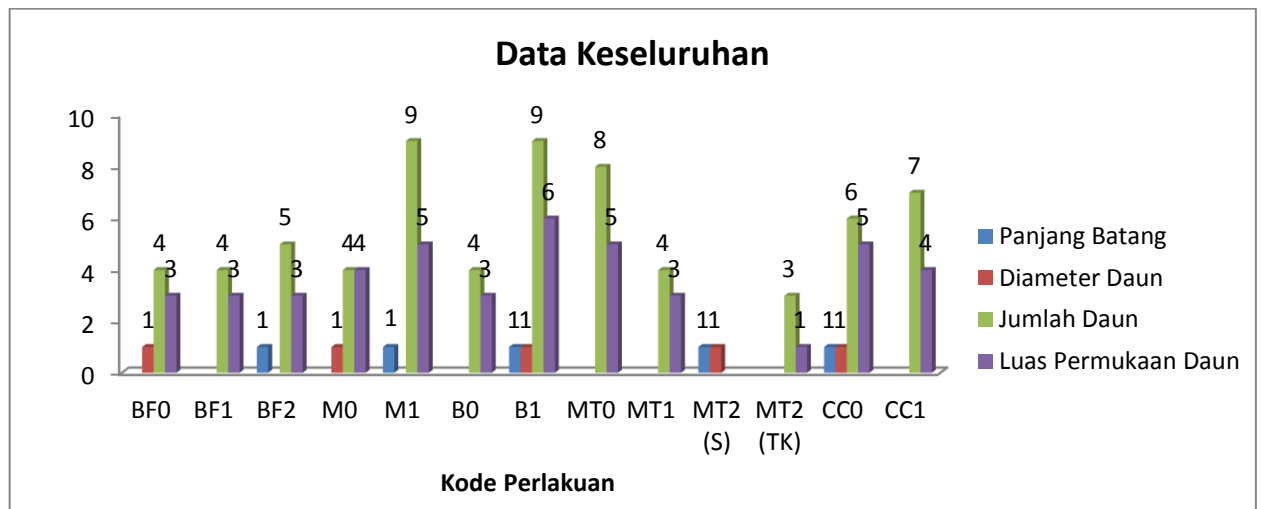


Gambar 4. Aplikasi Tanaman *Arachis* sp. Sebagai Tanaman Penutup

5. Hasil Pengukuran Tingkat Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit, Pada Usia 4 Minggu Setelah Perlakuan

1) Hasil Keseluruhan Indikator Pertumbuhan Kelapa Sawit

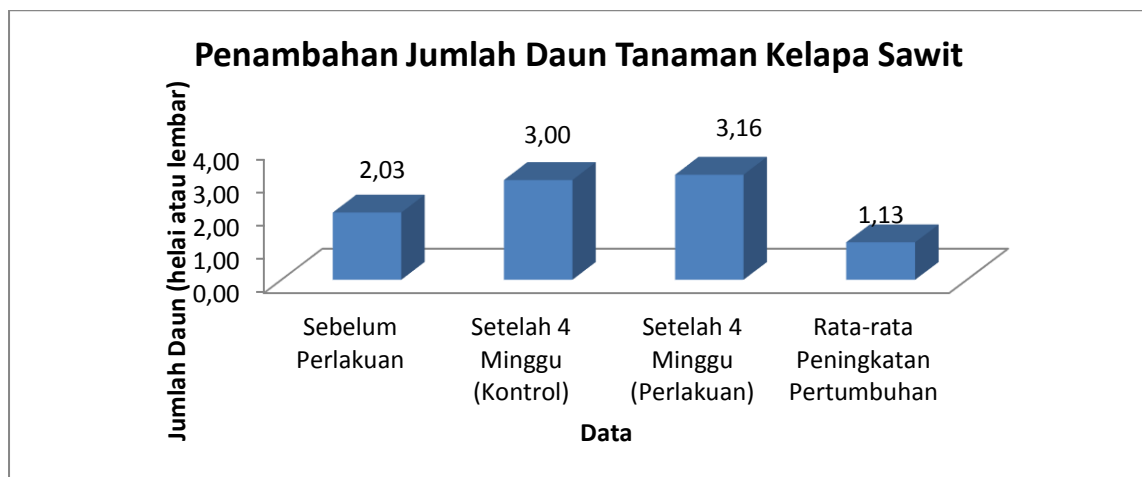
Hasil pengukuran pertumbuhan tanaman kelapa sawit (Grafik 1) memperlihatkan bahwa perlakuan penambahan mikoriza (M1) dan penambahan biofertilizer berupa isolat konsorsium *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp. (B1) lebih meningkatkan jumlah daun dan luas permukaan daun, dibandingkan dengan perlakuan lainnya.



Grafik 1 Hasil pengukuran pertumbuhan tanaman kelapa sawit

2) Penambahan Jumlah Daun Tanaman Kelapa Sawit

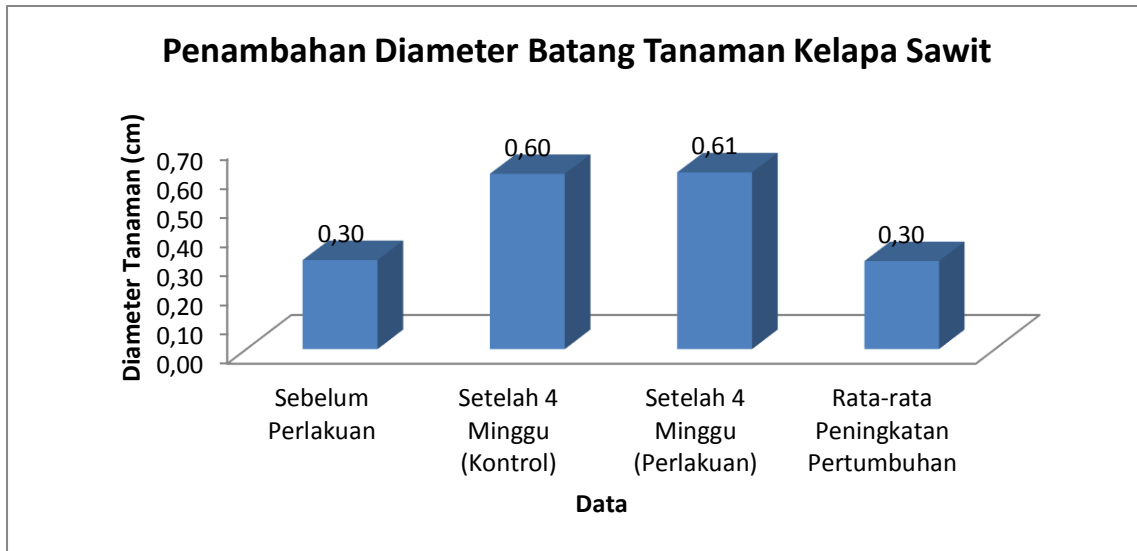
Jumlah daun tanaman kelapa sawit memperlihatkan adanya kenaikan sebesar rata-rata 1,13 lembar daun/ pohon. Perlakuan memperlihatkan peningkatan jumlah daun dibandingkan kontrol (Grafik 2).



Grafik 2 Penambahan Jumlah Daun Tanaman Kelapa Sawit

3) Penambahan Diameter Batang Tanaman Kelapa Sawit

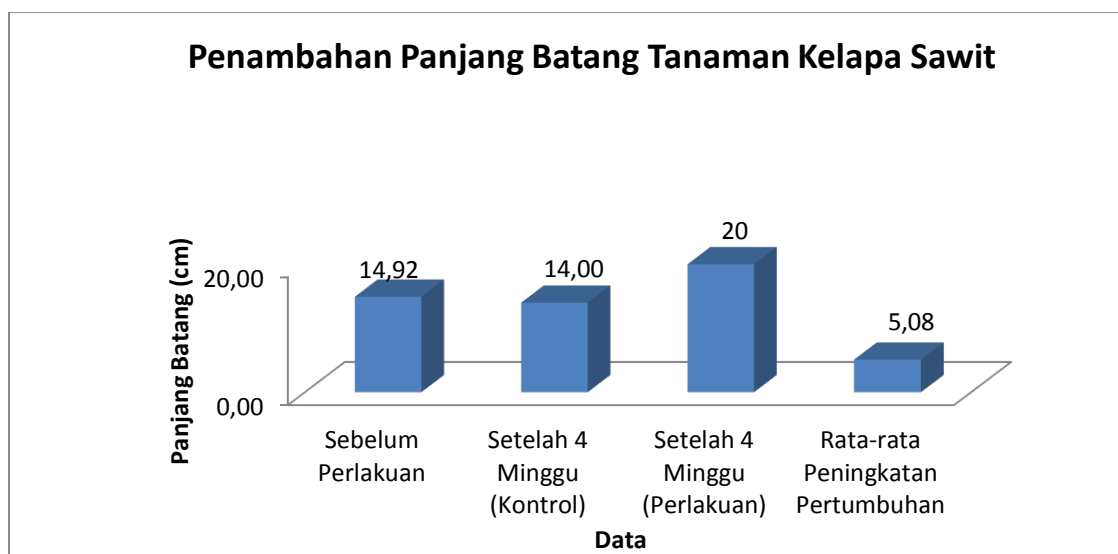
Diameter batang tanaman kelapa sawit memperlihatkan adanya kenaikan sebesar rata-rata 0,30 cm selama 1 bulan pengukuran pertumbuhan. Perlakuan memperlihatkan ada sedikit peningkatan diameter perlakuan dibandingkan kontrol (Grafik 3).



Grafik 3. Penambahan Diameter Batang Tanaman Kelapa Sawit

4) Penambahan Panjang Batang Tanaman Kelapa Sawit

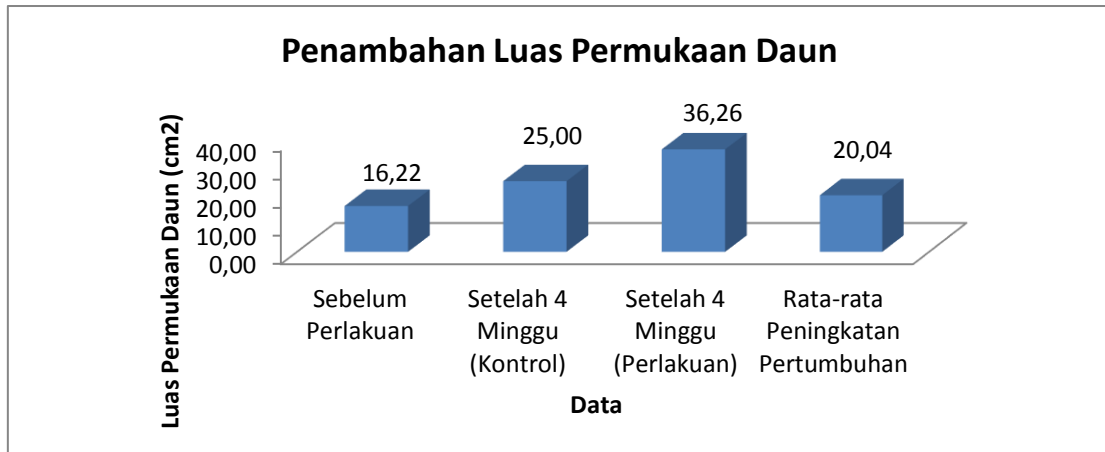
Panjang batang tanaman kelapa sawit memperlihatkan adanya kenaikan sebesar rata-rata 5,08 cm, setelah pengukuran pertumbuhan selama 4 minggu. Perlakuan memperlihatkan selisih kenaikan panjang batang antara perlakuan dan kontrol sebesar rata-rata 6 cm (Grafik 4).



Grafik 4. Penambahan Panjang Batang Tanaman Kelapa Sawit

5) Penambahan Luas Permukaan Daun Kelapa Sawit

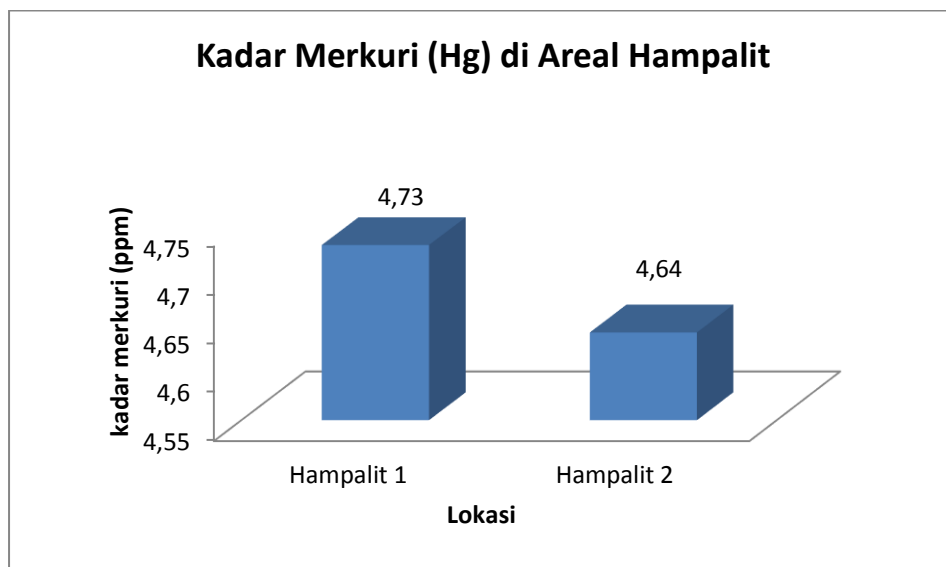
Luas permukaan daun kelapa sawit memperlihatkan adanya kenaikan sebesar rata-rata 20,04 cm dibandingkan dengan pertumbuhan awal, setelah pengukuran pertumbuhan selama 4 minggu. Perlakuan memperlihatkan selisih kenaikan panjang batang antara perlakuan dan kontrol sebesar rata-rata 11 cm (Grafik 5)



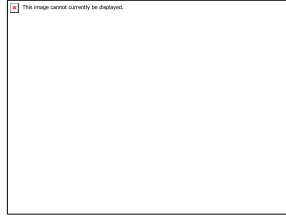
Grafik 5. Penambahan Luas Permukaan Daun Pada Tanaman Kelapa Sawit

6) Hasil Analisis kadar Hg

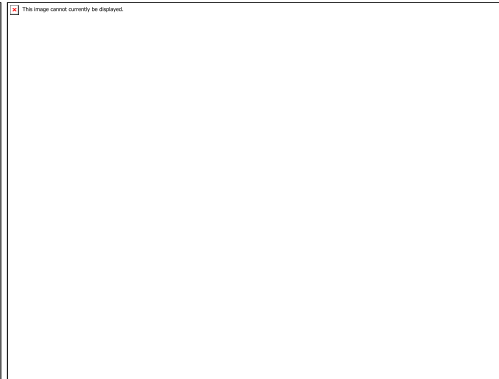
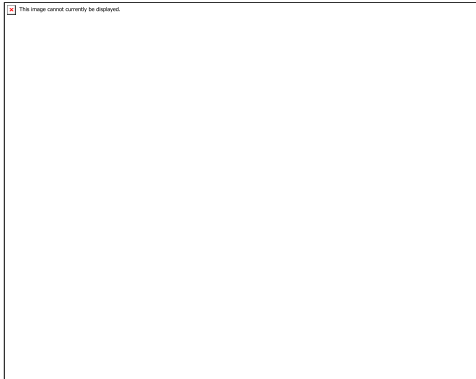
Hasil pengukuran kadar Hg pada sampel tanah dari areal pasca penambangan emas di Hampalit, Kalimantan Tengah, yang diukur menggunakan AAS, memperlihatkan rata-rata kadar Hg tanah sebesar 4,6 ppm (Grafik 6). Kadar Hg ini masih jauh lebih tinggi dibandingkan dibandingkan dengan kadar Hg normal pada tanah, yang berkisar 0,5 ppm.



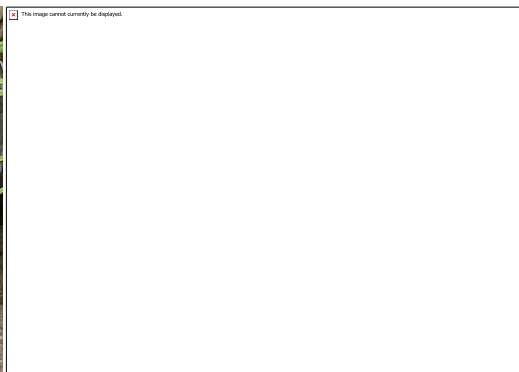
Grafik 6 Kadar Hg dari Sampel Tanah Lahan Pasca Penambangan Emas di Desa Hampalit, Kabupaten Katingan



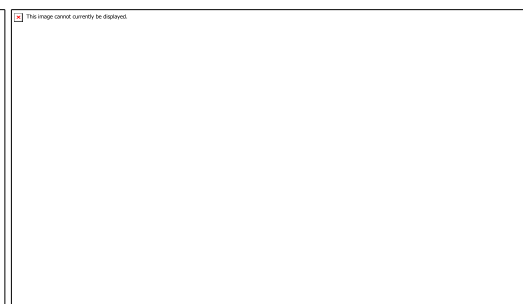
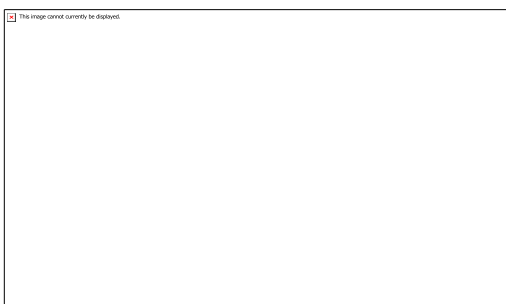
Gambar 5. Tanaman Kelapa Sawit pada Polybag-polybag Perlakuan



Gambar 6. Setelah Tanam (Kiri), Sebulan setelah Perlakuan (Kanan)

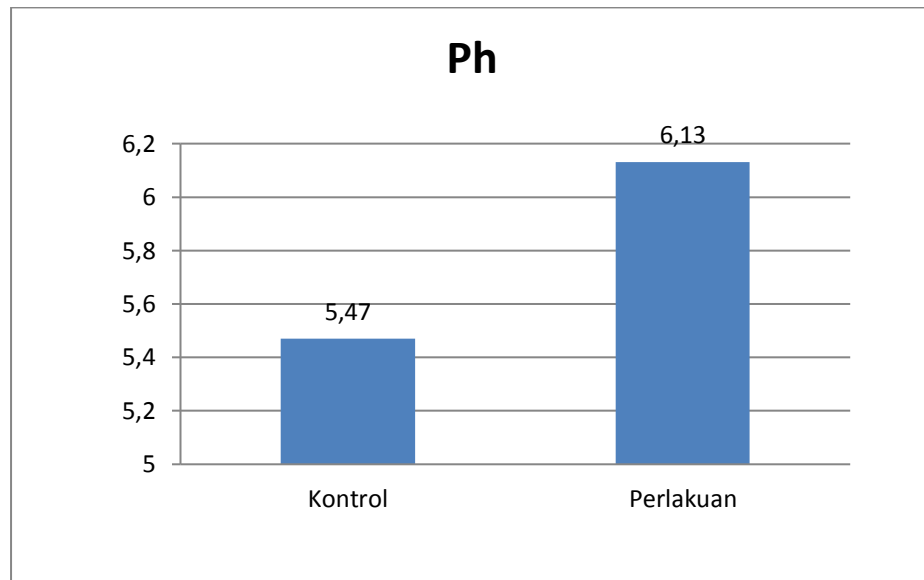


Gambar 7. Tiga Bulan Setelah Perlakuan: Kontrol (Kiri), Perlakuan (Kanan)

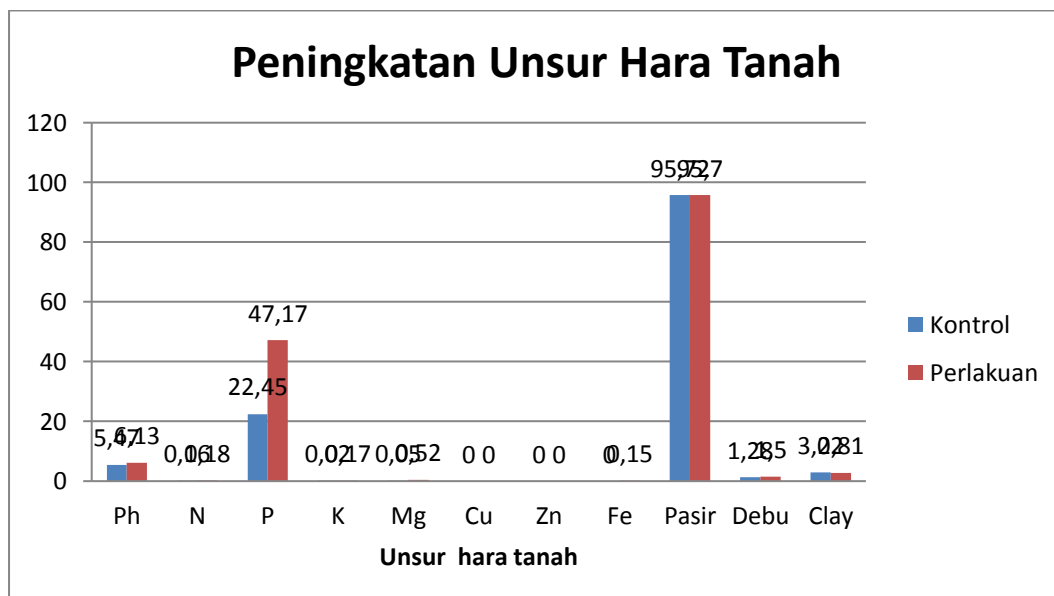


Gambar 8. Perbandingan Perlakuan dan Kontrol (kiri), Pertumbuhan *Arachis* sp (Kanan).

7. Hasil Analisis Ph Tanah



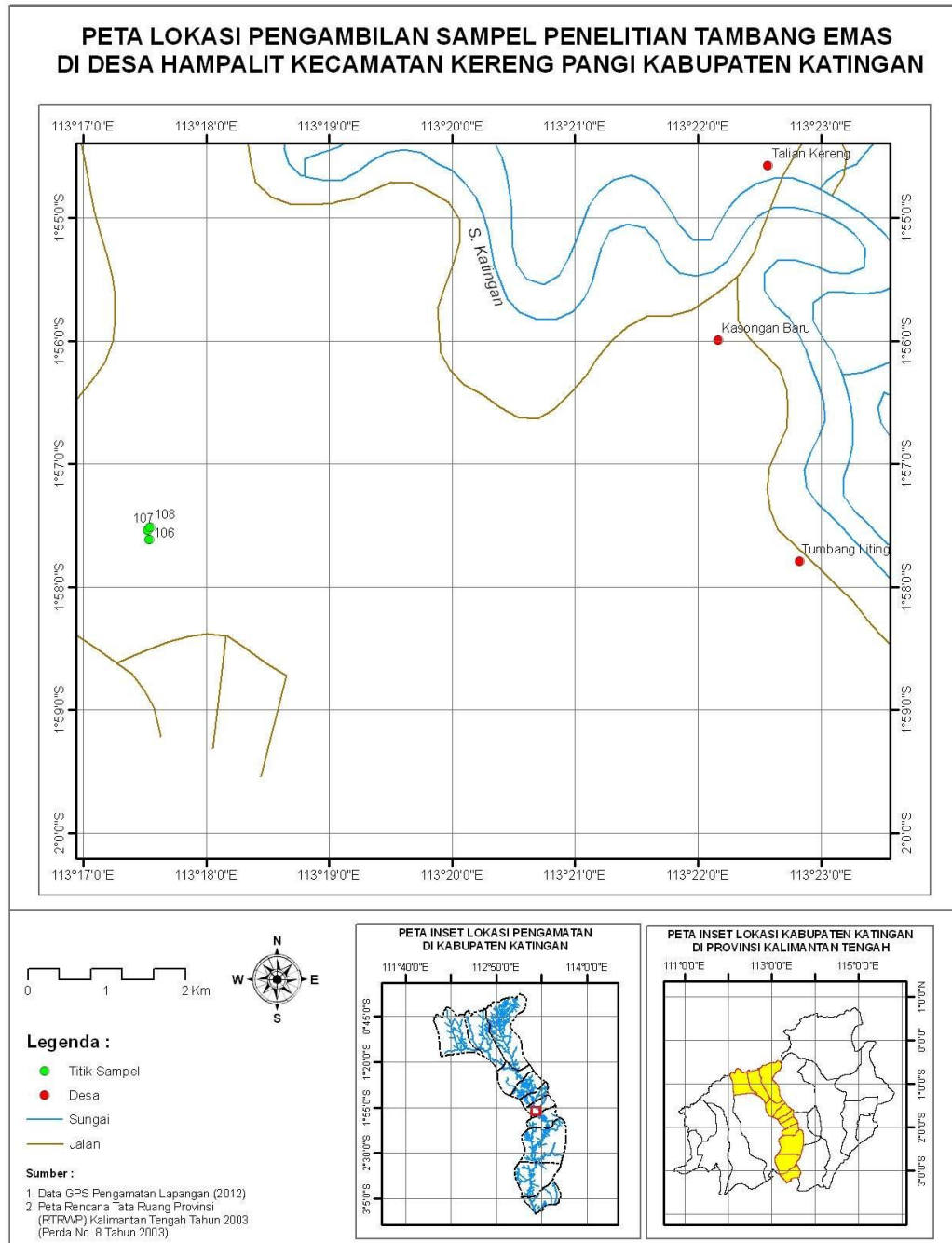
8. Hasil Analisis Unsur Hara Tanah



DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 1988. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Ed.20.3111 B. USA: American Public Health Association. APHA Washington DC.
- Colome, J., A.M. Kubinski, R. J. Cano, D. V. Grady. 1986. *Laboratory Exercises in Microbiology*. West Publ. Co. San Francisco.
- Neneng, L. 2007. Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Efektivitas Bioremediasi Merkuri oleh Isolat Bakteri dan Sosialisasi Aplikasinya dalam Bioreaktor Sederhana kepada Penambang Emas di DAS Kahayan Kalimantan Tengah. Disertasi. Tidak dipublikasikan. PPS: Universitas Negeri Malang.
- Neneng, L. 2008. Eksplorasi Isolat Bakteri Potensial untuk Bioremediasi Merkuri (Hg) dari Areal Penambangan Emas di Sungai Kahayan Kalimantan Tengah. *Jurnal Agritek*. Vol. 16. Hal. 189 – 194.
- Neneng, L. 2009. Eksplorasi Mikroorganisme Rhizosfer Potensial untuk Bioremediasi Lahan Tercemar Merkuri (Hg) pada Areal Penambangan Emas di Kalimantan Tengah. Laporan Hibah Stranas Dikti.
- Paramanathan, S. 2011. Seleksi Lahan Kelapa Sawit. *Managing Director, Param Agricultural Soil Surveys (M) Sdn Bhd, A4-3 Jalan 17/13, Petaling Jaya, Selangor, Malaysia 46400*. Fax: +60 3 7956 3900. E-mail: geologi@po.jaring.my
- Portier, R.J., 1991. Application of Adapted Microorganisms for Site Remediation of Contaminated Soil and Ground Water. Dalam A.M. Martin (Ed.), *Biological Degradation of Wastes* (hlm. 247-259). London: Elsevier Applied Science.
- Suhendrayatna, 2001. *Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: suatu Kajian Kepustakaan*. Makalah disajikan dalam Seminar on-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21, Kerjasama antara Sinergy Forum dan PPI Tokyo Institute of Technology. 1-14 Februari.
- Tambunan, W.A. 2008. Kajian Sifat Fisik dan Kimia Tanah Hubungannya dengan Produksi Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Kebun Kwala Sawit PTPN II. Tesis. SPs USU. Medan.
- Wagner- Döbler, I., H.V. Canstein, Y. Li., K.N. Timmis, & W.D. Deckwer. 2000. Removal of Mercury from Chemical Wastewater by Microorganisms in Technical Scale. *J. Environ. Sci. Technol.* 34(21):4628-4634.

1. Lampiran Peta lokasi kegiatan Pengambilan Sampel



Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan Penelitian

3.1. Karakteristik lahan pasca tambang emas di Hampalit Kalimantan Tengah

a. Kondisi Fisik Lahan Pasca Penambangan Emas di Hampalit Kalimantan Tengah

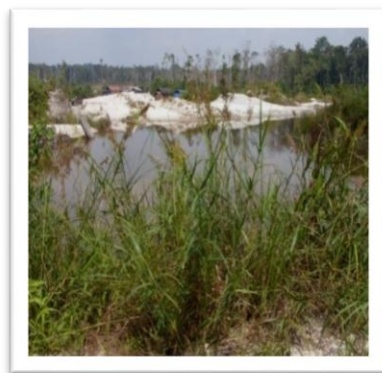


Gambar 1. Kondisi lahan pasca penambangan di Desa Hampalit, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah

b. Kondisi Biologis Lahan Pasca Penambangan Emas di Desa Hampalit, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah



Gambar 2. *Melastoma* sp



Gambar 3. *Cyperus* sp

c. Kondisi bibit kelapa sawit sebelum pemberian perlakuan dan penanaman di media pasir pasca penambangan emas di Hampalit Kalimantan Tengah



Gambar 4. Kondisi bibit kelapa sawit awal

- d. Tata letak polybag di bedengan sebelum pemberian perlakuan dan penanaman



Gambar 5. Polybag berisi pasir bekas tambang

- e. Persiapan awal perlakuan sebelum penanaman



Gbr 6. Pembuatan bokashi



Gbr 7. Limbah sawit



gbr 8. Serasah



Gbr 9. Bokashi



Gbr 10. Penimbangan bahan



Gbr 11. Suasana kerja

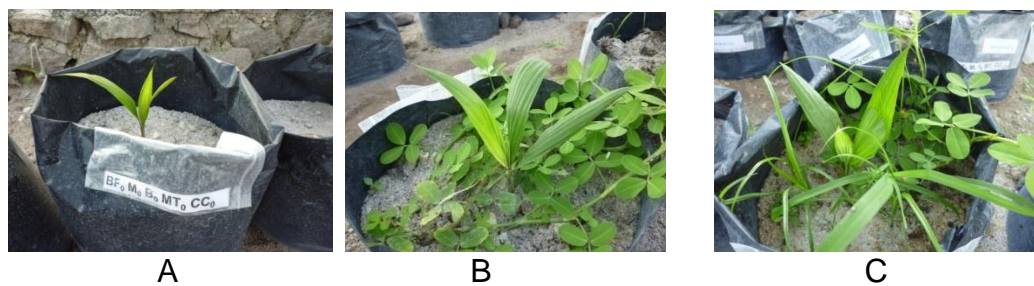


Gambar 12. Bahan-bahan yang telah siap dimasukkan ke dalam poly bag

f. Kegiatan penanaman Sawit



Gbr 15. Kondisi bedeng persemaian yang telah dilakukan penanaman



Gbr 16. Kondisi Awal Tanaman Sawit (A), Kondisi Sawit pada Umur 4 Minggu Setelah Perlakuan (B,C),